

# Spinalanästhesie

- 1 Anatomische Grundlagen 230**
  - 1.1 Krümmungen der Wirbelsäule 230
  - 1.2 Bänder 232
  - 1.3 Inhalt des Wirbelkanals 232
  - 1.4 Spinale Dermatome 235
  - 1.5 Sympathikusfasern 237
- 2 Verhalten der Lokalanästhetika im Subarachnoidalraum 237**
  - 2.1 Reihenfolge der Blockade 237
  - 2.2 Ausdehnung der Blockade 237
  - 2.3 Anschlagzeit der Lokalanästhetika 238
- 3 Indirekte Auswirkungen der neuralen Blockade 238**
  - 3.1 Sympathikusblockade und Herz-Kreislauf-Funktion 238
  - 3.2 Atemfunktion 239
  - 3.3 Funktion von Darm und Harnwegen 239
  - 3.4 Nebenniere 239
- 4 Praxis der Spinalanästhesie 239**
  - 4.1 Anwendungsbereiche 239
  - 4.2 Kontraindikationen 240
  - 4.3 Zubehör für die Spinalanästhesie 241
  - 4.4 Lokalanästhetika 242
  - 4.5 Prämedikationsvisite 243
  - 4.6 Durchführung der Spinalanästhesie 243
  - 4.7 Praktisches Vorgehen nach der Injektion des Lokalanästhetikums 246
  - 4.8 Überwachung kurz nach der Injektion 248
  - 4.9 Weiteres Vorgehen nach Ablauf der Anschlagzeit 248
  - 4.10 Weiteres Vorgehen während der Operation 249
- 5 Sattelblock 249**
- 6 Komplikationen der Spinalanästhesie 250**
  - 6.1 Frühkomplikationen 250
  - 6.2 Spätkomplikationen 251



Die Spinalanästhesie (SPA) ist eine vorübergehende Unterbrechung der Nervenleitung durch Injektion eines Lokalanästhetikums in den lumbalen Subarachnoidalraum. Sie führt zu einer spezifischen sensorischen, motorischen und sympathischen Blockade und ermöglicht hierdurch eine Vielzahl chirurgischer Eingriffe an den unteren Extremitäten, im Becken, Perineum und Unterbauch sowie geburtshilfliche Eingriffe. Die Spinalanästhesie ist die älteste und auch heute noch am meisten angewandte zentrale Nervenblockade.

## Geschichte

1898 führten zwei Ärzte die erste Spinalanästhesie durch: der berühmte Chirurg August Bier, Erfinder des Stahlhelms und Beschützer der roten Waldameise, und sein Assistent Hildebrandt. Zunächst ließ sich Bier von Hildebrandt lumbal punktieren, als aber das Lokalanästhetikum injiziert werden sollte, passten Spritze und Kanüle nicht aufeinander. Das gesamte Kokain und eine große Menge Liquor tropften auf den Fußboden. Hildebrandt rettete das Experiment, indem er nun sich selbst zur Verfügung stellte. Es gelang Bier, mit nur 5 mg Kokain zwei Drittel von Hildebrandts Körper für etwa 45 min zu anästhesieren. Um die Qualität der Anästhesie zu prüfen, führte Bier starke Schläge mit einem Eisenhammer gegen Hildebrandts Schienbein aus und hielt ihm eine brennende Zigarre auf die Haut. Hildebrandt ließ alle Maßnahmen Biers über sich ergehen, ohne Schmerzen zu verspüren. Begeistert feierten die beiden Forscher ihren Erfolg mit Wein und Zigarren und legten sich zufrieden ins Bett. Die Folgen ließen nicht lange auf sich warten. Um 12 Uhr nachts traten bei Hildebrandt heftige Kopfschmerzen auf, die sich »allmählich zu einer unerträglichen Höhe steigerten«. Um 1 Uhr stellte sich Erbrechen ein und am nächsten Tag Schmerzen in den Blutrüßsen am Schienbein. Bier hingegen schlief gut und erwachte »frisch und gesund«. Sehr bald trat jedoch auch bei ihm »heftiger Druck im Schädel« und leichter Schwindel auf. Er musste sich deshalb gegen Abend hinlegen und 9 Tage das Bett hüten. 1899 veröffentlichte Bier seine Ergebnisse: Die Spinalanäs-

thesie konnte ihren erfolgreichen Einzug in die operative Medizin beginnen.

## 1 Anatomische Grundlagen

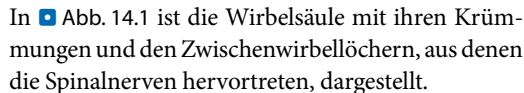
Für das Verständnis der Wirkungsweise dieser Blockadetechnik und für eine sachverständige Assistenz sind einige anatomische Grundkenntnisse erforderlich.

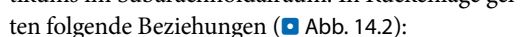
Anatomischer Mittelpunkt der Spinalanästhesie ist die Wirbelsäule. Sie besteht aus 33 Wirbeln:

- 7 zervikale, abgekürzt C,
- 12 thorakale, abgekürzt Th oder T,
- 5 lumbale, abgekürzt L,
- 5 sakrale, abgekürzt S,
- 4–5 coccygeale (Steißbein).

Die Wirbel unterscheiden sich innerhalb der einzelnen Wirbelsäulenabschnitte etwas voneinander.

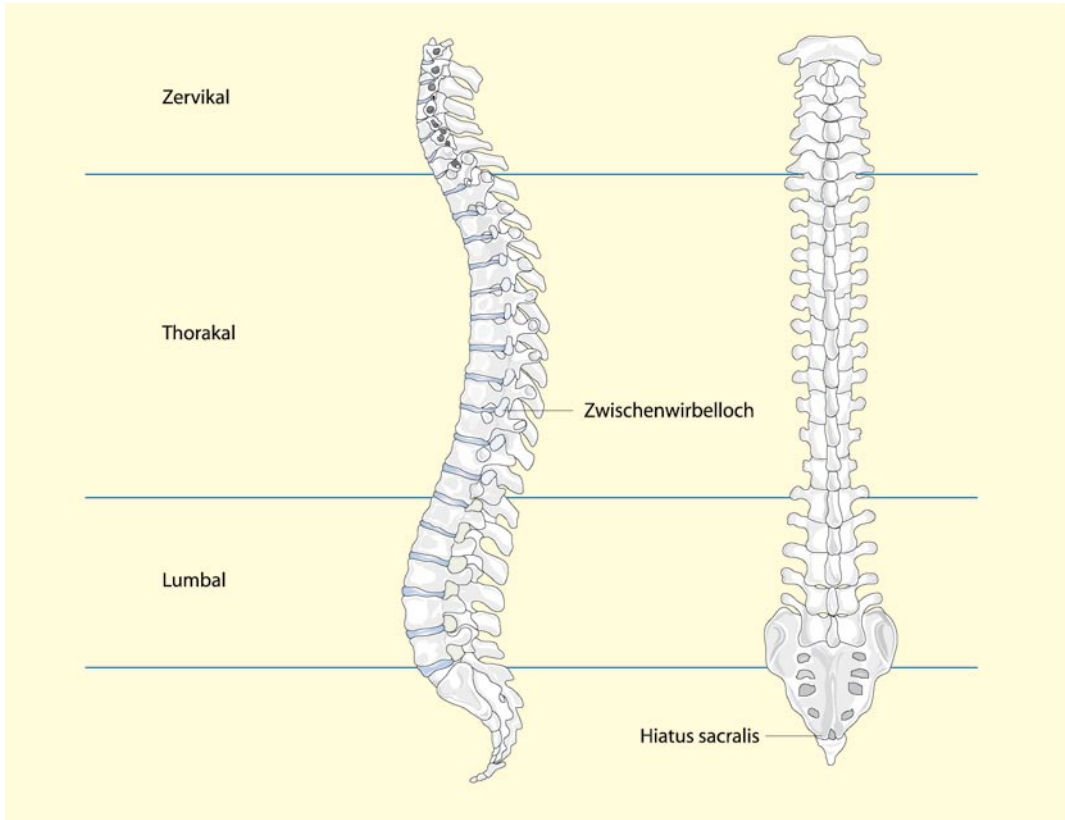
### 1.1 Krümmungen der Wirbelsäule

Die Wirbelsäule verläuft nicht gerade, sondern weist verschiedene Krümmungen auf, die im Lendenbereich den Zugang zum Rückenmarkkanal erschweren. Sie müssen bei der Spinalanästhesie durch entsprechende *Lagerungsmaßnahmen* ausgeglichen werden. Die einzelnen Krümmungen werden als Halslordose, Brustkyphose und Lendenlordose bezeichnet. Die Hals- und Lendenlordose verschwindet bei *Beugung*, während die Brustkyphose verstärkt wird. Unter Skoliose wird eine (pathologische) seitliche Abweichung der Wirbelsäule verstanden. In  Abb. 14.1 ist die Wirbelsäule mit ihren Krümmungen und den Zwischenwirbellöchern, aus denen die Spinalnerven hervortreten, dargestellt.

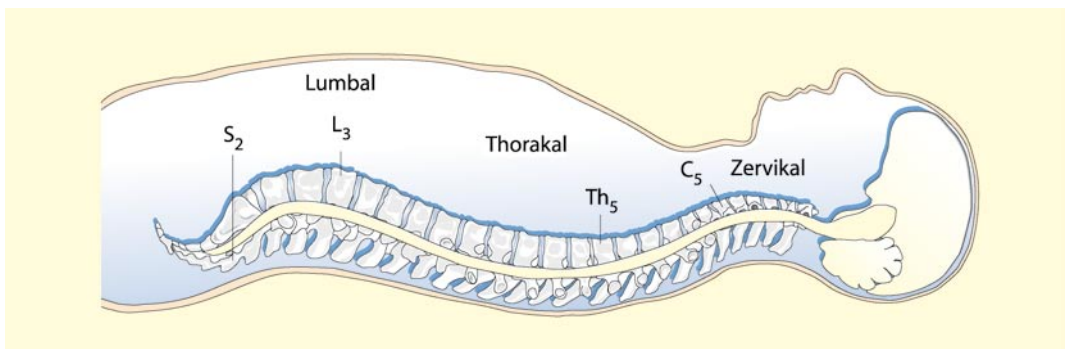
Die Krümmungen der Wirbelsäule haben großen Einfluss auf die Ausbreitung des Lokalanästhetikums im Subarachnoidalraum. In Rückenlage gelten folgende Beziehungen ( Abb. 14.2):

- höchste Punkte: L3 und C5,
- tiefste Punkte: Th5 und S2.

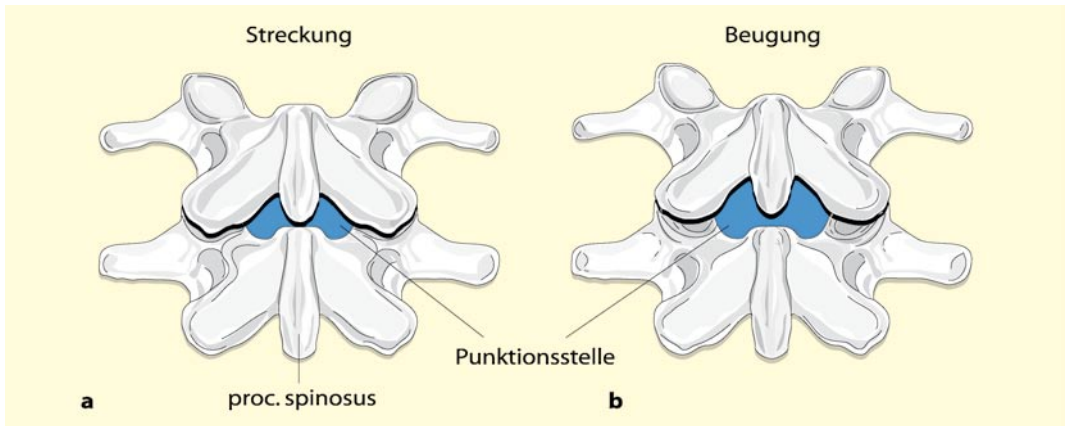
In normaler Rückenlage breiten sich Lokalanästhetika, die schwerer sind als Liquor (hyperbar) meist bis Th3–6 aus.



▣ **Abb. 14.1.** Wirbelsäule *links*: von der Seite; *rechts*: von hinten. Der Hiatus sacralis zwischen Kreuz- und Steißbein ist der Eingang in den Wirbelkanal



▣ **Abb. 14.2.** Krümmungen der Wirbelsäule in Rückenlage. In Rückenlage breiten sich hyperbare Lokalanästhetika meist bis Th3–6 aus



▣ **Abb. 14.3a, b.** Zwei Lendenwirbel von hinten gesehen. **a** Wirbelsäule gestreckt, lumbale Punktionsstelle ist eng. **b** Wirbelsäule gebeugt, Punktionsstelle ist weit geöffnet

Der Verlauf der **Dornfortsätze** (Processus spinosi) der Wirbel ist von besonderer Wichtigkeit für die Punktion des Wirbelkanals, in dem das Rückenmark eingeschlossen ist. Die Dornfortsätze der Lendenwirbel verlaufen nahezu horizontal, sodass sich hier die Spinalnadel leicht einführen lässt, wenn der Rücken entsprechend gebeugt wird (Aufhebung der Lendenlordose, ▣ Abb. 14.3).

Hingegen verlaufen die Dornfortsätze im Brustwirbelbereich ziemlich stark (dachziegelartig) abwärts geneigt, sodass die Einstichrichtung, z. B. bei der Periduralanästhesie, entsprechend steil sein muss.

## 1.2 Bänder

Die Wirbelsäule wird durch Bänder zusammengehalten, die ihr Stabilität und Elastizität zugleich verleihen. Bei der Lumbalpunktion müssen folgende Bänder durchstoßen werden (▣ Abb. 14.4):

- ▣ **Ligamentum supraspinale:** Es verbindet die Spitzen der Dornfortsätze miteinander.
- ▣ **Ligamentum interspinale:** Dieses dünne Band verläuft zwischen den Processus spinosi.
- ▣ **Ligamentum flavum:** Das gelbe Band verbindet die Wirbelbögen; es besteht aus gelben elastischen Fasern.

## 1.3 Inhalt des Wirbelkanals

Der Wirbelkanal erstreckt sich vom Foramen magnum der Schädelbasis bis zum Hiatus sacralis des Kreuzbeins. Im Wirbelkanal befinden sich (▣ Abb. 14.5):

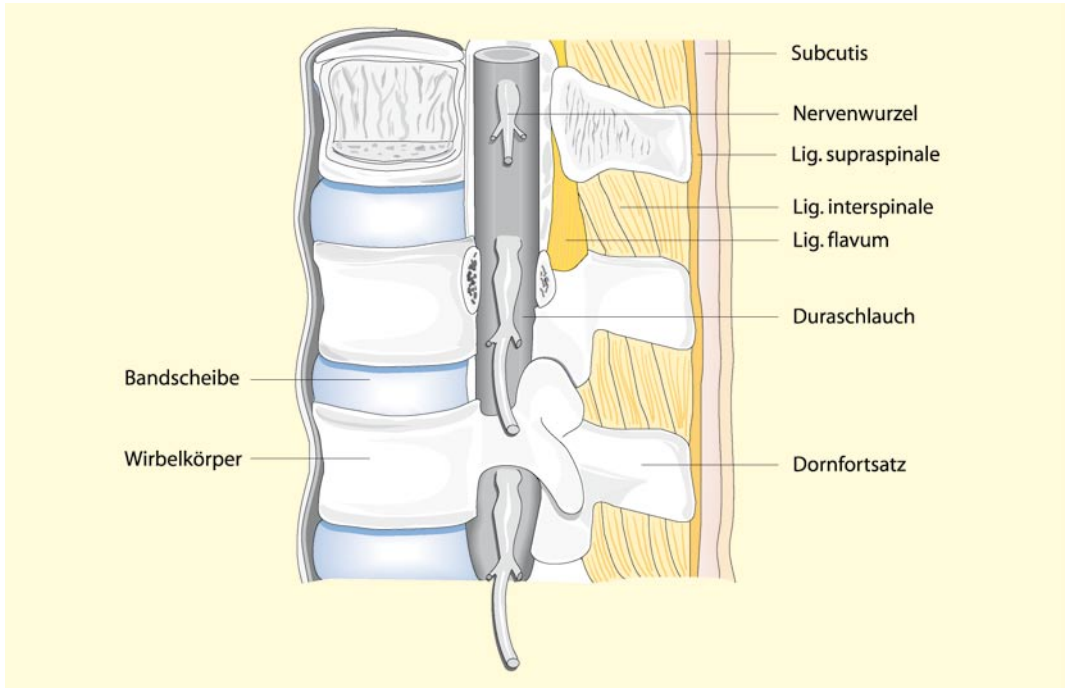
- ▣ Rückenmark,
- ▣ Liquor cerebrospinalis,
- ▣ Hüllen des Rückenmarks: Pia mater, Arachnoidea, Dura mater,
- ▣ Wurzeln der Spinalnerven,
- ▣ Periduralraum und seine Strukturen.

### Rückenmark

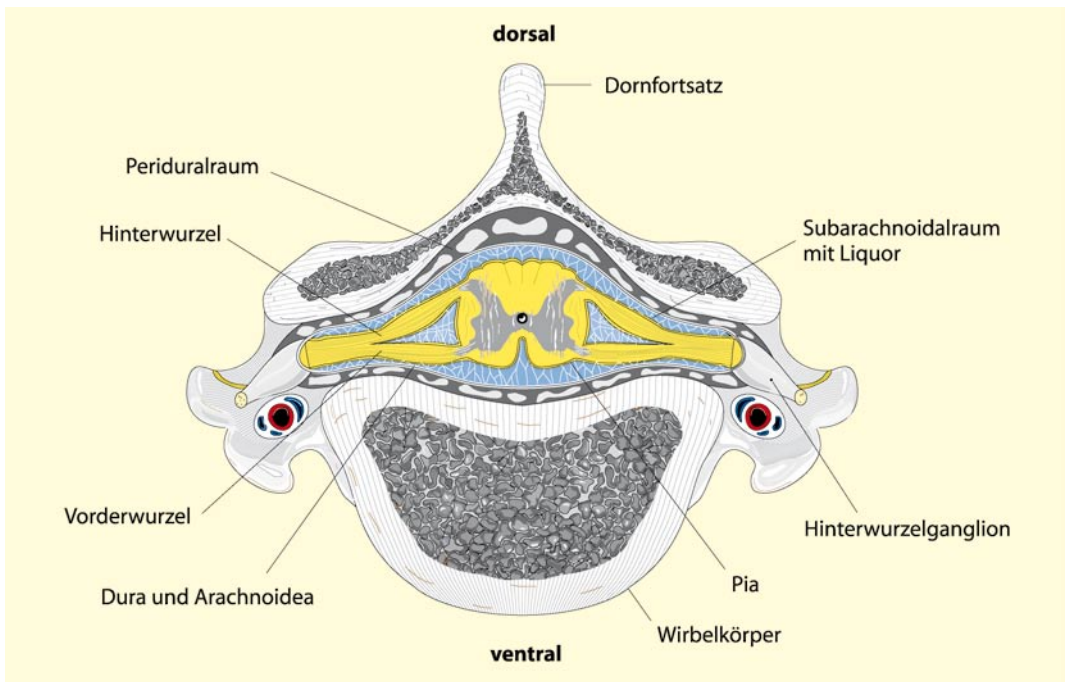
Das Rückenmark ist ca. 45 cm lang und erstreckt sich vom Foramen magnum bis zum Oberrand des 2.–3. Lendenwirbels. Am häufigsten endet das Rückenmark an der Grenze zwischen L1 und L2. Oben geht das Rückenmark in die Medulla oblongata über, unten endet es im Conus medullaris, dessen Nervenfasern (Filum terminale bzw. Cauda equina = Pferdeschweif) sich bis zum Steißbein erstrecken. Die Cauda equina innerviert die Strukturen unterhalb von L1.

- ❗ **Spinalpunktionen dürfen nicht höher als bis L2/L3, bevorzugt jedoch zwischen L3/L4 oder tiefer durchgeführt werden, damit nicht versehentlich das Rückenmark angestoßen und verletzt wird.**

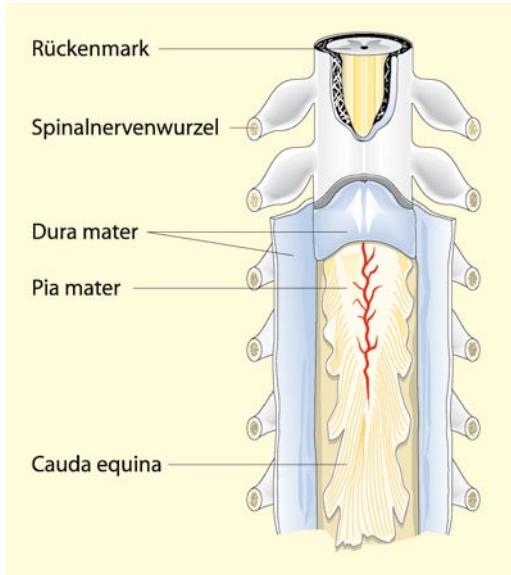
Unterhalb von L2/L3 können zwar Fasern der Cauda equina mit der Nadel berührt werden, extrem selten



▣ **Abb. 14.4.** Bänder der Wirbelsäule, Periduralraum und Duraschlauch mit Rückenmarksnerven im Lumbalbereich



▣ **Abb. 14.5.** Inhalt des Wirbelkanals im Brustbereich (Querschnitt); dorsal = hinten, ventral = vorn



■ **Abb. 14.6.** Hüllen des Rückenmarks. Dura mater und Arachnoidea sind aufgeklappt, sodass der Blick auf das Rückenmark und die darum befindliche, fest verbundene Arachnoidea frei wird. Dargestellt ist das untere Ende des Rückenmarks mit der Cauda equina, den untersten Nervenfasern, die aus dem Rückenmark treten

entstehen jedoch hierdurch Verletzungen der Fasern.

### Hüllen des Rückenmarks

Das Rückenmark ist von außen nach innen von folgenden Hüllen umgeben (■ Abb. 14.5 und 14.6):

- Dura mater,
- Arachnoidea,
- Pia mater.

Die Dura mater ist sehr derb und reicht vom Foramen magnum bis zum Unterrand von S2 und damit bis in das Kreuzbein.

Die Arachnoidea ist lediglich durch einen kapillären Spalt von der Dura getrennt.

Die Pia mater umhüllt fest das Rückenmark und ist durch Bänder und Fortsätze mit der Dura verbunden.

Im Raum zwischen Arachnoidea und Pia mater befindet sich der Liquor cerebrospinalis. Dieser Raum heißt **Subarachnoidalraum**. In diesen werden bei der Spinalanästhesie die Lokalanästhetika gespritzt.

Der Subarachnoidalraum des Rückenmarks steht mit dem Subarachnoidalraum des Gehirns in freier Verbindung, sodass Lokalanästhetika im Extremfall bis in das Gehirn aufsteigen können.

### Spinalnerven

31 Paare symmetrisch angeordneter Spinalnerven stehen über eine hintere und vordere Wurzel mit dem Rückenmark in Verbindung bzw. treten dort ein (hinten) und aus (vorn). Sie verbinden das Gehirn mit der Peripherie. Folgende 31 Spinalnervenpaare (= 62 Spinalnerven) werden unterschieden:

- 8 zervikale,
- 12 thorakale,
- 5 lumbale,
- 5 sakrale,
- 1 coccygeales.

**Hinterwurzel (Radix posterior).** Sie leitet überwiegend afferente Impulse, z. B. Schmerz, Temperatur, Berührung, Lagesinn. Jede Hinterwurzel hat ein Ganglion, durch das diese afferenten Fasern ziehen. Hinzu kommen noch vasodilatatorische Fasern. Die Hinterwurzel ist dicker als die Vorderwurzel.

**Vorderwurzel (Radix anterior).** Sie leitet überwiegend efferente Impulse, z. B. zu Muskeln, Drüsen, Eingeweiden usw. Ihre Blockade durch Lokalanästhetika lähmt die Muskulatur.

Vorder- und Hinterwurzel kreuzen in ihrem Verlauf den Periduralraum, wobei sie noch von Dura mater und Arachnoidea eingehüllt sind. Zwischen den Wurzeln und den beiden Hüllen befindet sich Liquor. Im Zwischenwirbelloch (foramen intervertebrale) vereinigen sich die beiden Wurzeln und bilden die Hauptstämme der Spinalnerven, die folglich gemischte Nerven sind.

Ort der Blockade sind bei der Spinalanästhesie aber v. a. die *Nervenwurzeln*.

### Liquor

Im Subarachnoidalraum des Rückenmarks befinden sich ca. 75 ml Liquor. Die gesamte zerebrospinale Flüssigkeit beträgt etwa 130 ml. Der Liquor ist eine klare Flüssigkeit, die von den Plexus chorioidei in den Hirnventrikeln gebildet und in das venöse Blut resorbiert wird.

Das spezifische Gewicht des Liquors beträgt etwa 1003. Aufgrund des spezifischen Gewichtes werden Lokalanästhetika für die Spinalanästhesie in folgender Weise eingeteilt:

- **Isobar** heißen Lokalanästhetika, die so schwer sind wie Liquor und deshalb überwiegend am Injektionsort verbleiben.
- **Hyperbar** heißen Lokalanästhetika, die schwerer sind als Liquor und deshalb im Subarachnoidalraum absinken können.
- **Hypobar** heißen Lokalanästhetika, die leichter sind als Liquor und deshalb im Subarachnoidalraum aufsteigen können.

Neben seiner Wirkung auf die Ausbreitung der Lokalanästhetika hat der Liquor noch eine wichtige praktische Bedeutung:

- ! **Freier Abfluss von Liquor aus der Spinalnadel zeigt vollkommen sicher an, dass der Subarachnoidalraum erreicht wurde.**

## 1.4 Spinale Dermatome

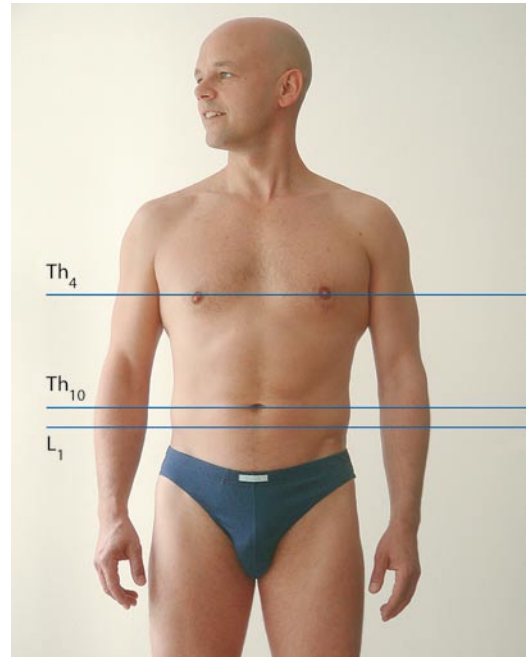
Jedem Rückenmarksegment ist ein bestimmtes Hautgebiet (Dermatom) zugeordnet (■ Abb. 14.8) das von diesem Segment über einen bestimmten Spinalnerv sensibel versorgt wird. Aufgrund dieser anatomischen Verhältnisse kann die gesamte Körperoberfläche schematisch in Segmente (Dermatome) eingeteilt werden. Diese Hautsegmente werden nach den zugehörigen Rückenmarksegmenten benannt.

**Beispiele** (■ Abb. 14.7 und 14.8):

- Der Bauchnabelbereich wird vom 10. Rückenmarksegment über den 10. Spinalnerv sensibel versorgt. Dieses Hautgebiet wird daher als Th10 bezeichnet.
- Der Mammillarbereich wird vom 4. Rückenmarksegment über den 4. Spinalnerv versorgt und daher als Th4 bezeichnet.

Hierbei muss Folgendes beachtet werden:

- Die Dermatome können sich überlappen.
- Die Segmente gelten nur für die Haut. Unter dem Dermatom liegende Organe können von ganz anderen Nerven versorgt werden.



■ **Abb. 14.7.** Wichtige Hilfslinien zur Bestimmung der Anästhesieausdehnung. Th4 Mammillarlinie, Th10 Bauchnabel, L1 Beckenkamm

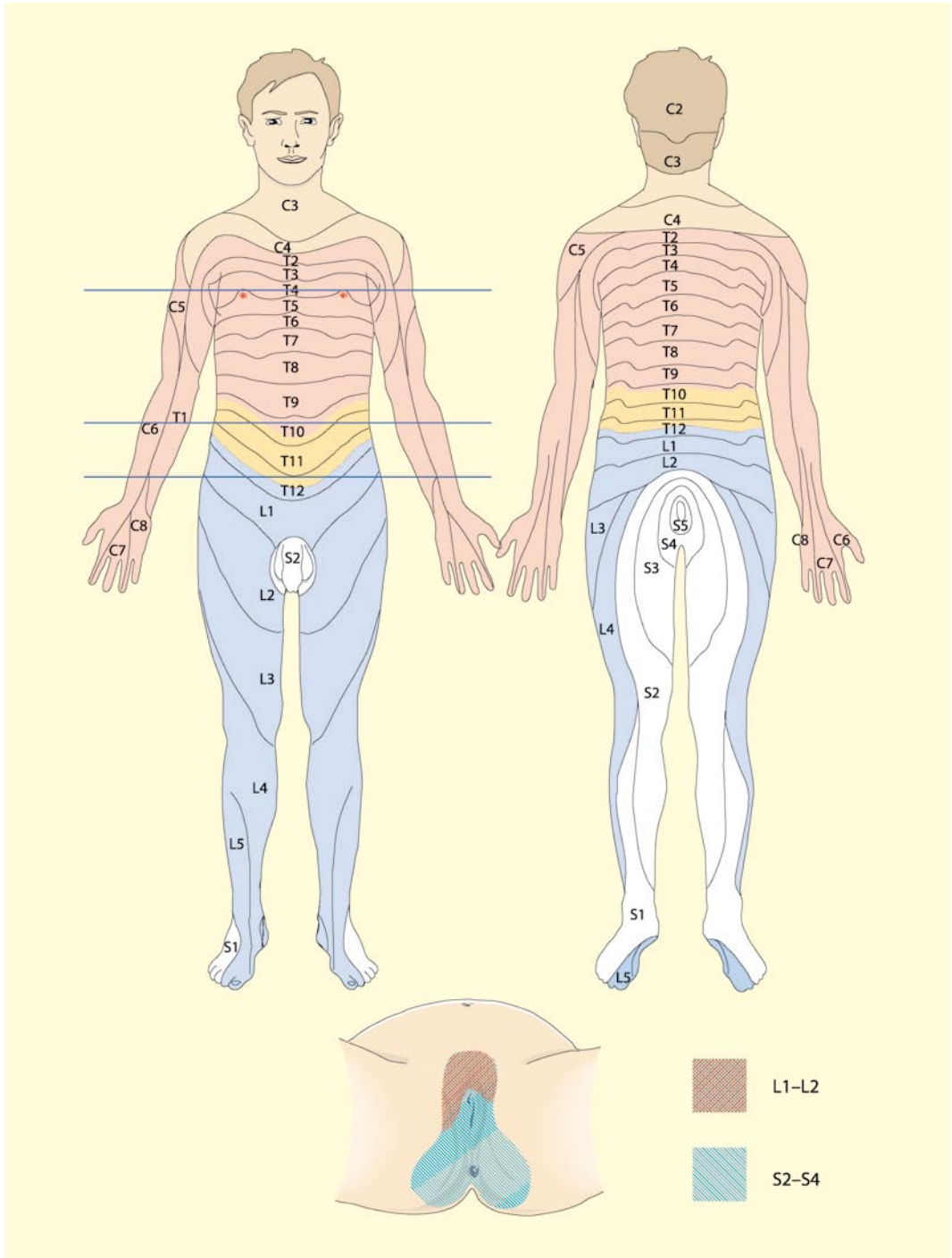
### Beispiel:

Bei der Sectio caesarea wird im Unterbauch operiert. Dennoch muss sich die Anästhesie bis Th6–4 erstrecken, damit die Patientin schmerzfrei ist.

### In der Praxis ist es wichtig, die segmentären Zonen der Hautinnervation zu kennen

- um die Ausdehnung der Anästhesie zu planen und dem operativen Eingriff anzupassen
- um die Ausdehnung der Anästhesie nach Injektion des Lokalanästhetikums durch Lagerungsmaßnahmen noch zu beeinflussen
- um die endgültige Anästhesieausdehnung festzustellen und zu überprüfen, ob sie für den geplanten Eingriff ausreicht

Die segmentäre Hautinnervation bei der Frau zeigt ■ Abb. 14.8, Abweichungen gegenüber dem Mann betreffen den Genitalbereich.



■ **Abb. 14.8.** Segmentäre Innervation der Haut. Abweichungen zwischen Männern und Frauen betreffen den Genitalbereich (s. unteres Bild)



## 1.5 Sympathikusfasern

Die Ursprungszellen für das sympathische Nervensystem verlaufen im Rückenmark von C8–L2. Die efferenten Sympathikusfasern verlassen das Rückenmark mit den Vorderwurzeln der Spinalnerven Th1–L2. Der *postganglionäre Sympathikus* enthält somatische und viszerale Fasern und außerdem noch afferente sensorische Fasern aus den Eingeweiden. Die somatischen Anteile enthalten gefäßkonstriktorische, sudomotorische (die Schweißproduktion anregende) und pilomotorische (die Haarwurzeln aufrichtende) Fasern sowie Fasern für Knochen, Muskeln und Sinnesorgane). Die viszeralen Anteile versorgen die Eingeweide und deren Blutgefäße.

Die Blockade präganglionärer sympathischer Fasern bei der Spinalanästhesie spielt eine wichtige klinische Rolle, die unter Abschn. 3.1 ausführlich erläutert wird.

## 2 Verhalten der Lokalanästhetika im Subarachnoidalraum

Werden Lokalanästhetika in den Subarachnoidalraum des Rückenmarks injiziert, tritt innerhalb weniger Sekunden bis Minuten eine neurale Blockade auf: bei entsprechender Dosierung werden sämtliche Empfindungen und die Motorik ausgeschaltet. Hierbei ist die Weiterleitung der Impulse von der Peripherie zum Gehirn, aber auch vom Gehirn zur Peripherie an der blockierten Stelle unterbrochen.

Bei der Spinalanästhesie wirken die Lokalanästhetika an folgenden Stellen:

- Vorder- und Hinterwurzeln der Spinalnerven (Hauptwirkort),
- Hinterwurzelganglien,
- autonome Nervenfasern,
- gemischte Nervenstämmen,
- Leitungsbahnen im Rückenmark selbst.

Dünne Fasern werden zuerst geblockt, ihre Blockade dauert am längsten.

## 2.1 Reihenfolge der Blockade

Die Blockade verläuft in einer bestimmten Reihenfolge, die auch klinisch am Patienten verfolgt werden kann:

- autonome präganglionäre Fasern (Blutgefäße!): Warmwerden der Haut durch Vasodilatation,
- Temperaturfasern (Kältegefühl früher aufgehoben als Wärmegefühl),
- »Nadelstichfasern«,
- Fasern, die stärkeren Schmerz als Nadelstiche leiten,
- Berührung,
- Tiefensensibilität,
- Motorik,
- Vibration und Lageempfinden.

Die **Ausbreitung der Blockade** ist abgestuft:

- Sympathikusblockade am höchsten,
- sensorische Blockade 2–4 Segmente tiefer,
- motorische Blockade 2 Segmente unter sensorischer Blockade.

Beim Abklingen der Blockade kehrt die Motorik zuerst zurück, danach die Sensorik und zum Schluss die autonome Funktion (daher lang anhaltende Störung der Gefäßregulation!).

Die Wirkung der Lokalanästhetika wird aufgehoben durch Abtransport über Kapillaren und Lymphe. Ein Abbau findet im Subarachnoidalraum nicht statt. Je nach Art des injizierten Lokalanästhetikums werden die Substanzen im Plasma gespalten (Aminoster) oder in der Leber metabolisiert (Aminamide).

## 2.2 Ausdehnung der Blockade

Wie weit sich die Blockade bei der Spinalanästhesie ausdehnt, hängt von vielen Faktoren ab, die nicht alle direkt beeinflusst werden können. Dennoch ist es praktisch möglich, die Ausdehnung der Anästhesie in bestimmten Grenzen zu steuern, wenn die nachfolgenden Faktoren berücksichtigt werden:

**Position des Patienten.** *Im Sitzen* sinken hyperbare Lokalanästhesielösungen ab: tiefe Anästhesie. *Hypobare* Lösungen steigen auf: hohe Anästhesie.

In *Seitenlage* ist bei langsamer Injektion, Reduzierung der Dosis auf die Hälfte und Beibehaltung der *Seitenlage* für 10–20 min die untere Seite stärker oder sogar ausschließlich betroffen.

### Höhe des Punktionsortes

- L2/L3 für Oberbauch bis Th4,
- L3/L4 für Unterbauch und Bein (Th10),
- L4/L5 für perineale Operationen.

Bei sehr großen Patienten sollte das Lokalanästhetikum 1 Zwischenraum höher, bei sehr kleinen 1 Zwischenraum tiefer injiziert werden. Die Punktion zwischen L5 und dem Kreuzbein bzw. S1 ist schwierig und sollte nicht durchgeführt werden.

**Menge des Lokalanästhetikums.** Menge = Konzentration × Volumen. Je größer die injizierte Menge, desto größer das Ausbreitungsgebiet.

**Injektionsgeschwindigkeit.** Je schneller die Injektion, desto höher steigt das Lokalanästhetikum auf.

### Spezifisches Gewicht des Lokalanästhetikums

- Hyperbares Lokalanästhetikum sinkt ab,
- isobares bleibt in Nähe des Injektionsortes,
- hypobares steigt auf.

### Position des Patienten nach der Injektion.

In der *Seitenlage* sind die Krümmungen der Wirbelsäule ohne Einfluss.

In der *Rückenlage*:

- hyperbares Lokalanästhetikum dehnt sich von S5–Th5 aus,
- isobares: maximaler Effekt am Injektionsort,
- hypobares steigt bis zur Spitze der Lendenwirbelkrümmung.

Mit zunehmender Ausbreitung wird das Lokalanästhetikum mehr und mehr verdünnt und entsprechend »dünn« wird auch die Qualität der Anästhesie.

## 2.3 Anschlagzeit der Lokalanästhetika

Die Wirkung der Lokalanästhetika setzt gewöhnlich schon während der Injektion ein (Der Patient sagt dann: »es kribbelt« oder »mein Bein wird schwer«). Bis zum Eintritt einer kompletten Anästhesie (= Anschlagzeit) vergeht jedoch bei den einzelnen Lokalanästhetika eine unterschiedlich lange Zeit. Innerhalb dieser Fixierungszeit bzw. Anschlagzeit müssen die Patienten bei hyper- oder hypobaren Lösungen unbedingt ihre für die Anästhesieausbreitung gewählte Position beibehalten, es sei denn, die Ausdehnung der Anästhesie soll noch verändert werden.

Die Fixierungszeit beträgt für Lidocain und Mepivacain etwa 5–15 min, für Bupivacain 0,5% 10–30 min und für Tetracain ca. 15–20 min. Die Wirkdauer ist bei den einzelnen Substanzen angegeben.

## 3 Indirekte Auswirkungen der neuralen Blockade

### 3.1 Sympathikusblockade und Herz-Kreislauf-Funktion

Die mit der Spinalanästhesie verbundene Blockade präganglionärer Sympathikusfasern führt zu einer Dilatation der Arterien und Arteriolen; außerdem nimmt der Tonus von Venen und Venolen ab. Die Folgen sind:

- Blutdruckabfall durch Vasodilatation,
- Abnahme des venösen Rückstroms durch venöses Pooling,
- relative Hypovolämie (Volumenmangel). Meist tritt in den nicht blockierten Gebieten kompensatorisch eine Vasokonstriktion auf.

Wird durch die Spinalanästhesie auch der »Herz-Sympathikus« (Nervi accelerantes aus Th1–Th4) ausgeschaltet, so kann zusätzlich die Herzfunktion beeinträchtigt werden. **Bradykardie** und Abnahme der Kontraktionskraft sind die Folge.



<http://www.springer.com/978-3-540-72273-1>

Anästhesie und Intensivmedizin

für die Fachpflege

Larsen, R.

2007, X, 1212 S. 416 Abb. in Farbe., Hardcover

ISBN: 978-3-540-72273-1